

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-64046

⑬ Int. Cl.<sup>8</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成4年(1992)2月28日

G 01 N 24/08  
G 01 R 33/28  
G 01 V 3/14

7256-2G  
7621-2J  
7621-2J

G 01 N 24/00

D  
C

審査請求 未請求 請求項の数 9 (全9頁)

⑮ 発明の名称 特定物質の検知方法およびその装置

⑯ 特 願 平2-172741

⑰ 出 願 平2(1990)7月2日

⑱ 発 明 者 丸 泉 琢 也 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑱ 発 明 者 鴫 田 二 郎 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑱ 発 明 者 三 井 泰 裕 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑲ 代 理 人 弁理士 中村 純之助 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

特定物質の検知方法およびその装置

2. 特許請求の範囲

1. 被検査物を所定位置に持ってくるステップと、特定の物質中にある原子核と該特定の物質に固有の物質内電場との静電相互作用のためにエネルギーの分裂した前記原子核のスピン状態の間の遷移エネルギー付近のエネルギーを持つ電磁波を、前記所定位置にある被検査物に照射して、前記スピン状態の間の遷移を検出するステップと、前記被検査物中における前記特定の物質の存在の有無を検知するステップとを有する特定物質の検知方法において、前記スピン状態の間の遷移を検出するステップで検出した信号が、前記原子核と前記特定の物質に固有の物質内電場との静電相互作用のためにエネルギーの分裂した前記原子核のスピン状態の間の遷移に起因するものか否かを弁別判断するステップを設け

たことを特徴とする特定物質の検知方法。

2. 請求項1に記載の特定物質の検知方法において、弁別判断するステップが、前記電磁波の照射期間にわたり静磁場を被検査物に重畳印加するサブステップと、該静磁場を印加したときの、前記スピン状態の間の遷移を検出するステップで観測される信号を、静磁場を印加しないときの、前記スピン状態の間の遷移を検出するステップで観測される信号と比較するサブステップとを有することを特徴とする特定物質の検知方法。

3. 請求項1に記載の特定物質の検知方法において、弁別判断するステップが、前記スピン状態の間の遷移を検出するステップで観測される信号の特性緩和時間を、前記特定の物質に固有な特性緩和時間と比較するサブステップを有することを特徴とする特定物質の検知方法。

4. 請求項1ないし3のいずれか1項に記載の特定物質の検知方法において、前記エネルギーの分裂が、前記原子核の電気四重極能率と前記物

質内電場の勾配との静電相互作用に起因して生じたものであることを特徴とする特定物質の検知方法。

5. 請求項4に記載の特定物質の検知方法において、被検査物に照射する電磁波の周波数を、爆発物中の窒素14核および塩素35核の内の少なくとも一つの核四重極共鳴周波数に設定し、前記被検査物中における前記爆発物の存在を検知することを特徴とする特定物質の検知方法。

6. 被検査物に電磁波を放出するとともに、該被検査物からの電磁波を検出するプローブコイルと、該プローブコイルに接続され、電磁波の発生および検波を行う発振検波器と、前記被検査物に放出する電磁波の周波数を、検知対象物に特有な化学構造下での該検知対象物の構成原子の核四重極共鳴周波数に設定する周波数調整手段と、前記発振検波器の同調回路のコンダクタンスの変化を検出する手段と、前記共鳴周波数に設定されたときに生じる前記同調回路のコンダクタンスの変化を表示する手段とを有する特

8. 請求項7に記載の特定物質の検知システムにおいて、前記ラジオ波吸収測定装置は、前記被検査物中における特定物質の核四重極共鳴吸収を測定する装置であることを特徴とする特定物質の検知システム。

9. 請求項8に記載の特定物質の検知システムにおいて、特定物質の核四重極共鳴吸収を測定する装置は、窒素14核、塩素35核および塩素37核の内の少なくとも一つの核四重極共鳴吸収を測定する装置であることを特徴とする特定物質の検知システム。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明は、被検査物のなかに他の物質と混在している特定の物質を、非破壊で検知する検知方法およびその装置にかかわり、特に、荷物等のなかに隠された覚醒剤、麻薬、プラスチック爆弾などの禁制品を高信頼度で検知するのに好適な検知方法およびその装置に関する。

定物質の検知装置において、前記被検査物に静磁場を印加する手段を設けたことを特徴とする特定物質の検知装置。

7. X線発生装置と、該X線発生装置からのX線を被検査物に照射する手段と、該被検査物を通じたX線を検知するX線検知用センサと、該X線検知用センサで検出された結果を報知するモニタとを有するX線検査装置、ならびにラジオ波発生装置と、該ラジオ波発生装置からのラジオ波を前記被検査物に照射するラジオ波照射検知用コイルと、前記被検査物中の特定物質による前記ラジオ波の吸収を検知する手段とを有するラジオ波吸収測定装置を備えてなり、前記X線検査装置から得られた被検査物のX線情報ならびに前記ラジオ波吸収測定装置から得られた特定ラジオ波の吸収の有無および強弱により、被検査物中の特定物質を検知する特定物質の検知システムにおいて、前記被検査物に静磁場を印加する手段を設けたことを特徴とする特定物質の検知システム。

#### (従来の技術)

航空機への禁制品の持ち込み検査や、輸送貨物等の危険物検査の装置であるX線検査システムは、X線散乱強度の強い金属製の刀剣や銃器などを、明瞭な影としてテレビジョンモニタ上で検知することができ、航空機ハイジャックの未然防止等に役立てられている。この種の従来技術に関しては、例えば特開昭61-18447号公報に記載されている。一方、X線散乱強度測定に代えて、禁制品質中に存在する原子核、例えば窒素14核に着目し、同核の核四重極共鳴（以下NQRと略記する）吸収などを観測し、該禁制品質の存在の有無を検知する方法と装置が提案されている。これに関する従来技術としては、例えば、本願出願人と同一の出願人によって出願された特願平1-160751号に記載されたものがある。なお、この方法は、NQR吸収周波数が物質により定まる定数となることから、禁制品などの特定物質の同定検知に対し高度に選択的なものである。

## 〔発明が解決しようとする課題〕

上記従来技術のうち、まずX線検査システムにおいては、X線散乱現象を利用しているため、金属を構成要素として持たない武器や危険物等の検知は困難であり、さらに、例えば覚醒剤、麻薬、プラスチック爆弾などのような、一定形状を持たない禁制品については、全く見逃してしまうという問題があった。

一方、NQR法を利用する検知技術では、物質固有のNQR信号を観測、同定検知する点から、被検査物の形状に依存しない検知方法となり、X線検査システムとは異なり、覚醒剤、麻薬、プラスチック爆弾などのような一定形状を持たない禁制品さえも見逃さず検知できるようになったが、偽信号の発生による誤検知がたびたび発生するという問題があった。その理由は、まず第1に、NQR法では、概ねラジオ波領域の電磁波を被検査物に照射し、特定物質からの吸収、分散などの応答によって特定物質の存在の有無を検知、判断するのであるが、上記禁制品以外の有機化合物結晶

には圧電効果（ピエゾ効果ともいう）を示すものが多いことによる。すなわち、上記効果は、照射電磁波の電気ベクトル成分により、上記禁制品微結晶に機械的振動が誘起され、発生する誘導双極子により上記禁制品物外に向けて電磁波が放射される現象であるが、放射電磁波の周波数がNQR応答検知電磁波の周波数と同一となるため、実際にはNQR応答がないにもかかわらず、ピエゾ効果によって、あたかもNQR応答があったかのような状況が呈示されるという問題があった。また第2に、NQR応答信号はサブ $\mu$ Vから $\mu$ Vのオーダーで非常に微弱であるため、その検知増幅器の利得として100～130dBもの高感度増幅が必要となる。このため、外来の商用放送、船舶無線、アマチュア無線などの偽信号が拾い込んで、NQR応答信号と誤判断されるという問題があった。これらピエゾ効果に由来する偽信号、外来妨害電磁波に由来する偽信号は、いずれも特定物質、特に禁制品の検査時に誤判断を生じて、検査のスループットの低下を招くことになる。

本発明の一つの目的は、上記NQR法を利用した物質の検知において、被検査物中に他の物質と混在している特定の物質を、非破壊かつ高信頼度で検知する方法およびその装置を提供することである。

また、本発明の他の目的は、従来のX線透過検査装置によっては検知困難であった、液状、粉末状、柔軟な粘土状（以下プラスチック状という）の有機物または無機物からなる禁制品の有無も検知できる、NQR検知システムを高信頼化した新規の検知システムを提供することであり、これにより、航空機等の安全な輸送を確保するとともに、被検査物中における禁制品の除去作業を、迅速、安全かつ高信頼度で行えるようにしようとするものである。

## 〔課題を解決するための手段〕

上記第1の目的は、プラスチック爆弾などの禁制品を、その構成物質の分子構造に固有な核四重極共鳴信号を検出することによって検知する一連のステップにおいて、観測信号のNQR由来の真

偽を弁別判断するステップを新たに設けることにより、達成される。

また、上記第2の目的は、透視型X線検査装置、ラジオ波発生装置、ラジオ波照射検知用コイル、ラジオ波吸収測定装置からなる検知システムに、観測信号のNQR由来の真偽を弁別判断する手段を新たに併設し、禁制品の形状情報と物性情報とによる総合的な検知を高信頼度で行うことにより、達成される。

なお、上記した観測信号のNQR由来の真偽を弁別判断する方法としては、例えば、被検査物へのNQR検知用電磁波の照射期間にわたり、静磁場を被検査物に重畳印加するステップと、静磁場印加時のNQR遷移検出ステップで観測される信号を、静磁場非印加時のNQR遷移検出ステップで観測される信号と比較するステップとからなる信号真偽弁別手段などを用いる。

## 〔作用〕

以下、本発明の基となる原理と、上記構成の作用について説明する。

核四重極共鳴(以下NQRと記す)検知法は、核スピンが1以上で核四重極能率がゼロではない原子核の核スピンと外部電場勾配との相互作用により分裂したスピン状態間の遷移を検知する方法である。いま、検知特定物質は、微結晶粉末からなっていると仮定する(寛阻剤、麻薬、プラスチック爆弾などの禁制品でNQR検知対象となる物質は、微結晶粉末である)。外部磁場がない場合は、上記スピン状態間の分裂幅は各微結晶にわたり、すべて同一であるため、全体としてNQR吸収信号を観測することができる。一方、外部磁場を印加した場合は、上記スピン状態間の分裂幅は各微結晶の結晶軸と外部磁場の方向とのなす角度に依存して変動する。すなわち、各微結晶ごとにNQR吸収周波数が異なり、また、各微結晶の検知物質中での配向分布は一樣であると一般に考えられるため、全体としてNQR信号は分散消失してしまうことになる。さらに、ピエゾ効果由来の偽信号、外來の商用放送、船舶無線、アマチュア無線などの外來雑音は、印加静磁場に対して全

く影響されない。従って、外部静磁場を印加した状態でNQR応答を観測したとき、磁場非印加時と比較してNQR応答に有意な変化が生じなかった場合、前に観測したNQR応答は偽であると断定できる。すなわち、上記した構成のように、NQRスピン状態遷移状況の下で静磁場を印加する方法は、NQR応答の真偽を弁別する有効かつ確実な方法として機能する。なお、この方法では、印加する静磁場の大きさとしては数ガウスから数十ガウスの値があれば十分であり、このため、例えば航空機手荷物検査装置などに応用する場合でも、磁気カード、磁気テープ、時計などへの影響は全く生じないので、運用上の問題を生じることはない。

以上に、静磁場を印加してNQR応答の真偽を弁別する方法を説明したが、これ以外にも、NQR応答の真偽を弁別する方法もある。それは、NQR応答そのものの性質を利用するものである。その一つとして、共鳴周波数情報を利用することが考えられる。例えば、窒素14核のNQR応答

は、窒素14核が非軸対称な電場勾配の場にある場合、低周波領域から順に $\nu_-$ 、 $\nu_0$ 、 $\nu_+$ という計3本のNQR応答信号を観測することができる。従って、例えば $\nu_-$ 、 $\nu_+$ の二つの周波数の電磁波を用いてNQR応答の観測を行い、双方とも信号を検知できた場合、それらの信号は外來の雑音によるものではないと考えられるが、ピエゾ効果由来の誘導応答は周波数 $\nu_-$ 、 $\nu_+$ それぞれに対して発生する可能性があるため、真であるとは断定できない。従って、この方法は採用できない。次に、NQR応答そのものの性質を利用するものとして、NQR応答信号の減衰回復特性を利用するものがある。NQR応答信号観測法の一つに、パルス状電磁波を試料に印加し、印加後の誘導信号を観測するパルスNQR法という手法が知られているが、このパルスNQR法で得られる誘導信号は、試料に固有な時定数Tで時間的に減衰する。例えば、14窒素のNQR応答を示す、ヘキソゲン(プラスチック爆弾の主成分)の $\nu_+$ 吸収線では、室温で830 $\mu$ sec、ヘキサメチレンテトラミンの

$\nu_+$ 吸収線では420 $\mu$ secと、それぞれ物質に固有な時定数をもつ窒素14のNQR応答を示す。一方、外來の商用放送、船舶無線、アマチュア無線などの外來雑音のレベル強度は、パルスNQR応答観測時間にわたって、ほぼ一定であり、先に挙げたヘキソゲン、ヘキサメチレンテトラミンのNQR応答時定数のような減衰特性時定数をもたないので、これらの雑音を容易に弁別することが可能となる。また、ピエゾ効果由来の偽信号については、その減衰特性は検出電気信号系のステップ応答時定数に代表される該電気信号系固有のものとなるため、本来の目的である検知物質のNQR応答時定数と容易に区別することが可能となり、偽信号であることを断定できる。

以上、NQR信号の真偽を弁別判定する方法として、外部静磁場を印加する方法と、NQR応答の減衰時定数を比較する方法とについて、その作用を説明したが、これらの真偽弁別方法を特定物質の検知の一つのステップとして採用すれば、偽信号による検査ミスの低減を図ることが容易とな

り、検査の高信頼化と迅速化が達成できる。

#### 〔実施例〕

以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。  
実施例1:

まず、第1図により、本発明の第1の実施例を説明する。なお、本実施例は、本発明により特定物質を検知する一般的な場合を示す実施例である。

第1図において、検知装置は、全体の動作を制御するコントローラ5と、コントローラ5により被検査物1へ照射する電磁波の周波数や掃引シーケンスを設定する設定器4と、設定器4で設定されたところに従って、高周波パルスを生じ放射する電磁波照射装置3と、電磁波照射装置3からの電磁波により生じた、被検査物1の核四重極共鳴によるスピン遷移を検出するスピン遷移検出器2などにより構成されている。なお、電磁波照射装置3とスピン遷移検出器2とは、それぞれ送信コイルと受信コイルを有する構成をとってもよいし、あるいは照射装置3側に送受信兼用のコイルを設けたものでもよい。電磁波照射装置3は、被

検査物1中の検知物のスピン遷移相当の電磁波を被検査物1に照射する。この場合、照射する電磁波の周波数の設定、掃引などは、設定器4により行う。電磁波照射装置3は、数kHzから数百GHzの周波数範囲にわたる電磁波の照射が可能である。例えば、被検査物1中に窒素14核を含有する爆発物を検知しようとする場合、窒素14核スピン遷移相当のラジオ波領域（およそ300kHzから8MHzの範囲）にわたる電磁波を、コントローラ5により、設定器4に指令を送って周波数掃引した後、電磁波照射装置3から電磁波を被検査物1へ照射し、スピン遷移検出器2を用いて窒素14核のスピン遷移を検出することにより、被検査物1中の爆発物を検知できる。この検知結果は、表示装置2'にて表示される。

このときの検知信号強度を $S_1$ とする。次いで、静磁場電源3'により静磁場発生コイル5'に直流電流を供給し、被検査物1に直流磁場を印加した状態で、上記したスピン遷移検出ステップを繰り返す。そのときの検知信号強度を $S_2$ とする。

そして、検知信号強度 $S_1$ と $S_2$ は、コントローラ5により比較され、もし、 $S_1$ が $S_2$ に比べて有意な変化がある場合、前に観測検知した信号は、まぎれもない窒素14核のスピン遷移に由来する信号であると断定できる。これにより、ピエゾ効果、外来雑音等に由来する誤検知を避けることが可能となり、上記并別ステップに比べて長時間にわたる被検査物の開封検査などに要する無駄な時間を短縮し、ひいては検査作業の高スループット化を容易に達成できる。

#### 実施例2:

次に、第2図を用いて、本発明のより具体的な第2の実施例をさらに詳しく説明する。なお、本実施例では、被検査物中に含まれている爆発物を検知する場合について述べる。

第2図において、プローブコイル6はラジオ波発振・検波器7に接続されている。プローブコイル6により外部に放出されるラジオ波磁場の周波数は、周波数調整器8によりコンデンサの容量を変化させることで、所望の値に設定できる。また、

上記ラジオ波発振・検波器7において検出される発振電圧は、増幅器9により増幅され、信号表示装置10に表示される。また、上記周波数調整器8における設定周波数を、例えば爆発物に特有な化学構造下での、窒素14の核四重極共鳴の振動数に一致させておく。そして、プローブコイル6を被検査物1の周囲で移動させると、被検査物1に含まれる爆発物11の付近にプローブコイル6が来たときに、ラジオ波発振・検波器7のそのプローブコイル6を含む同調回路のコンダクタンスが、爆発物11中の窒素14の磁化率の実数成分（吸収成分）に応じて変化する。この変化により、ラジオ波発振・検波器7の発振電圧が変化し、その発振電圧が増幅器9で増幅され、信号表示装置10によりその発振電圧の変化が検出・表示されて、爆発物11の存在を検知できる。

以上は、被検査物1の中に真に爆発物11が含まれている場合の動作であるが、ピエゾ効果を示す有機・無機化合物が爆発物11に代って被検査物1に含まれている場合には、ラジオ波発振・検

波器7はピエゾ効果により発生した誘起電磁波を検知し、あたかも爆発物が存在するかのように信号表示装置10に発振電圧の変化が検出・表示され、誤判断を招くことになる。そこで、本実施例では、信号表示装置10に有意な発振電圧変化が見られた場合、静磁場電源3'によって静磁場発生コイル5'に直流電流を供給し、被検査物1に直流磁場を印加した状態で、上記検知ステップを繰り返す。その結果、静磁場印加時に信号表示装置10に表示される発振電圧が、静磁場非印加時の発振電圧に比べてなんら変化が見られない場合、上記発振電圧の変化は、被検査物1中に含まれるピエゾ効果を有する有機・無機化合物に起因する偽信号、あるいは外來の商用放送、船舶無線、アマチュア無線等に起因する偽信号であると断定でき、これによって、被検査物の開封検査などに要する無駄時間の短縮、そしてなによりも非破壊検査の高信頼化が可能になる。また、この効果は、ラジオ波発振・検波器7として超再生式発振・検波器など、外來雑音を拾いやすい高感度検知器を

利用する場合、特に顕著である。

#### 実施例3:

次に、本発明の第3の実施例を説明する。本実施例は、さらに、プローブコイルに、パルスラジオ発生器と、ラジオ領域の現象に追従しうる高速検出器とを接続した構成の装置を用いるものであり、その装置構成を第3図に示す。

第3図において、基準発振器14により発生した特定物質固有の周波数のラジオ波は、従来周知の方法により、パルスゲート15によって単一の高周波パルス、または時間的、位相的に制御された複数の高周波パルスからなるパルス列に変調される。これらの制御シーケンスは、コントローラ5にあらかじめ設定されている。この高周波パルスまたはパルス列は、電力増幅器16により、被検査物1中の爆発物11でのスピン遷移を誘起できる電力レベルまで増幅され、プローブコイル17により効率的に被検査物1に照射される。プローブコイル17で検出したNQR信号は、プリアンプ18で増幅された後、位相検波器19にお

いて基準発振器14からの信号を用いて位相検波され、その出力は高速A/Dコンバータ20によりデジタル信号に変換されてコントローラ5に入力され、その結果はCRT21に表示される。また、偽信号弁別用の静磁場発生コイル5'と、その電源である静磁場電源3'とがあり、該電源3'のオンオフはコントローラ5により制御される。

被検査物1に照射されるパルスが単一の高周波パルスの場合、高周波パルスをしゃ断した後の窒素14核に起因する自由誘導減衰を検出することにより、爆発物11の存在を検知できる。しかしながら、爆発物11中に含まれる窒素14核の自由誘導減衰信号は、強度で数 $\mu$ Vから数十 $\mu$ Vと微弱であり、かつ数 $\mu$ 秒から数十m秒程度の寿命しかもたない。このため、プリアンプ18、位相検波器19などの検出系は、不感時間が短く、かつ低雑音である必要がある。一方、複数の高周波パルスからなるパルス列を用いる場合には、検出系に対する不感時間の要請は、いくぶん緩める

ことができる。例えば、90°パルス(核スピンの向きを90°回転させるパルス、以下同様)に引き続き、 $\tau$ 秒の時間経過後に180°パルスを照射すると、2 $\tau$ 秒後にスピン・エコーが生じ、自由誘導減衰信号が再誘導誘起されるので、2度目のパルス照射後の自由誘導減衰信号を測定すれば、検出系の不感時間が $\tau$ 秒程度であっても、感度を損なうことなく測定が行える。今の例では〔90°- $\tau$ -180°〕という2パルスを利用する場合を示したが、これ以外にも従来周知の種々のパルス列を用いて、爆発物11中の窒素14核の核四重極共鳴を検出することは可能である。ここで、パルスラジオ波を用いることの利点は、高強度の、すなわち振幅の大きなラジオ波を被検査物1に照射できることである。つまり、ラジオ波強度が高いため高感度化が図れると同時に、プローブコイル17から離れた、被検査物1中の深い位置にある爆発物11まで検知することが可能である。

本実施例の構成で、静磁場を印加しない場合に、爆発物11としてヘキソゲン200grを用い、その窒素14核のNQRの90°パルス照射後の自由誘導減衰信号を観測した結果を、第4図(a)に示す。観測周波数は約5MHzの $\nu$ に相当する。また、静磁場電源3'から電流を供給して、5Gの静磁場を静磁場発生コイル5'により発生し、これをヘキソゲン試料に印加したときの、窒素14核のNQRの90°パルス照射後の自由誘導減衰信号を観測した結果を、第4図(b)に示す。同図から、静磁場の印加によって信号強度は著しく減少しており、たかだか5Gの磁場の印加にもかかわらず、そのNQR信号に及ぼす効果の大きいことがわかる。一方、ピエゾ効果を有する有機化合物、例えばグルタミン酸ナトリウムの微粉末結晶を試料として用い、静磁場を印加せずに、上記と同様な観測を行ったとき、第4図(a)に示した自由誘導減衰信号160に類似の形状をもつ信号を与える。しかし、この信号は、静磁場を印加したときも、その強度、形状を全く変える

器や鉄パイプ等に密封された爆発性危険物は、X線散乱強度が著しく高いため、X線検知用モニター108上で、これらの危険物をその形状から容易に検知することが可能である。しかし、上記被検査物109中にX線散乱強度が低い液状、粉末状、あるいはプラスチック状の有機物あるいは無機物からなる爆発性危険物が含まれている場合には、上記X線透過型検査装置では、これらの爆発性危険物をX線検知用モニター108上の明瞭な影として検知することは困難である。この場合には、上記危険物に固有な特定ラジオ波吸収の有無ならびにその強弱を、ラジオ波発生装置101、ラジオ波照射検知用コイル102、ラジオ波吸収測定装置103によって検知すればよい。すなわち、静磁場を印加しない状態で、被検査物109中の検知対象物質、例えばヘキソゲンを主成分とするプラスチック爆弾に固有なラジオ波をラジオ波発生装置101で発生させ、ラジオ波照射検知用コイル102を用いて被検査物109に照射したときのラジオ波吸収の有無をまず調べる。このと

ことはなく、真のNQR信号が示す第4図(a)、(b)の変化が現れないので、偽信号と判断できる。このように、静磁場を被検査物1に印加する方法は、観測信号が真にNQR信号であるかどうかを判定する、簡便で確実な方法であることを示している。

#### 実施例4:

次に、本発明の第4の実施例を説明する。本実施例は、核四重極共振装置とX線検査装置とを組み合わせた危険物を検知する検知システムに適用した例であり、その構成を第5図に示す。

第5図において、検知システムは、X線発生装置104、X線透過用スリット105、被検査物移動用治具106、X線検知用センサ107、およびX線検知用モニター108からなるX線透過型検査装置に、ラジオ波発生装置101、ラジオ波照射検知用コイル102、ラジオ波吸収測定装置103、静磁場電源3'、静磁場発生コイル5'を併設した構成になっている。

被検査物109中の金属性危険物、例えば銃火

き、ラジオ波吸収測定装置103に吸収がなければ、被検査物109にはヘキソゲンは含まれていないと判定できる。一方、ラジオ波吸収測定装置103が吸収を示した場合には、その吸収強度を $S_0$ とする。次いで、静磁場電源3'、静磁場発生コイル5'により被検査物109に静磁場を印加した状態で、上記したラジオ波吸収有無の検査操作を繰り返す。そのときにラジオ波吸収測定装置103により持たれる吸収強度を $S_1$ とすると、 $S_1$ に比べて $S_0$ が有意な範囲で減少したとき、被検査物109にヘキソゲンが含まれていると断定できる。一方、 $S_1$ が $S_0$ に比べて変化しない場合は、ラジオ波吸収測定装置103によって測定された吸収は、外来ノイズなどに代表される偽信号であると断定でき、その後の被検査物109の開封検査などの煩わしい手続きを省く必要がなくなる。このため、検査時間の短縮、ならびに検査の高信頼化を容易に行うことができる。

また、本実施例によれば、上記の説明から明らかなように、被検査物中に含まれる危険物の形状

だけでなく、その物性、組成までも総合的に検知できるため、従来のX線透過型検査装置では見落しやすかった粒状、粉末状あるいはプラスチック状の有機物もしくは無機物からなる爆発性危険物をもれなく検知できるという効果がある。

〔発明の効果〕

本発明によれば、被検査物中の特定物質を、核四重極共鳴装置、あるいはX線透過型検査装置と核四重極共鳴装置とを組み合わせ検知システムによって検知するに際し、スピン状態の間の遷移を検出するステップで検出した信号が真にNQR信号であるか否かを弁別判断するステップを設けたので、検知結果の信頼性を著しく高めることができる。また、この方式で被検査物中の危険物等の検査を行う場合には、その高い信頼性によって、その後の無駄な開封検査をなくすこともできるので、検査のスループットを大幅に向上することができる。

4. 図面の簡単な説明

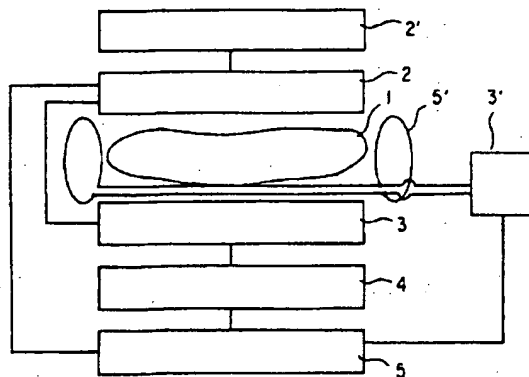
第1図～第3図はそれぞれ本発明の第1～第3

の実施例で用いる検知装置の構成図、第4図は第3図の構成の検知装置によりヘキソーゲンの置入14核の核四重極共鳴を観測した結果を示す図、第5図は本発明の第4の実施例で用いる検知システムの構成図である。

〈符号の説明〉

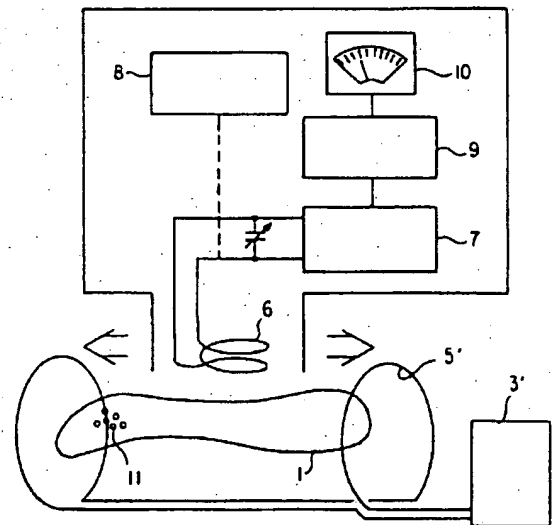
1…被検査物 3'…静磁場電源  
5'…静磁場発生コイル

代理人弁理士 中村純之助



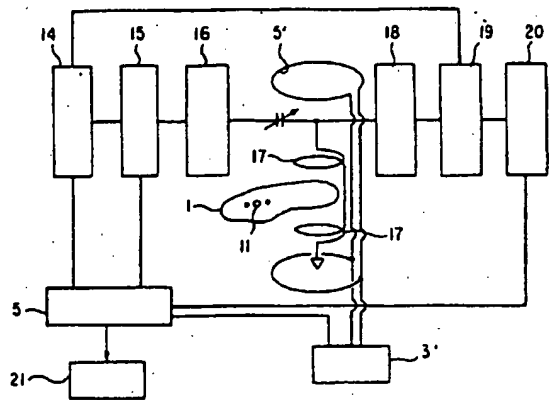
- 1-----被検査物
- 2-----スピン遷移検出器
- 2'-----表示装置
- 3-----電磁波照射装置
- 3'-----静磁場電源
- 4-----設定器
- 5-----コントローラ
- 5'-----静磁場発生コイル

第1図



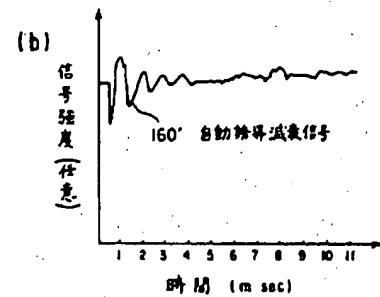
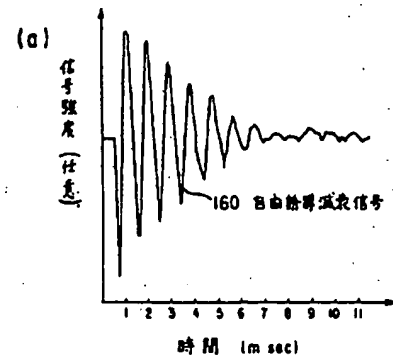
- 1…被検査物
- 3'…静磁場電源
- 5'…静磁場発生コイル
- 6…フローコイル
- 7…ラジオ波電振検波器
- 8…周波数調整器
- 9…増幅器
- 10…信号表示装置
- 11…爆発物

第2図

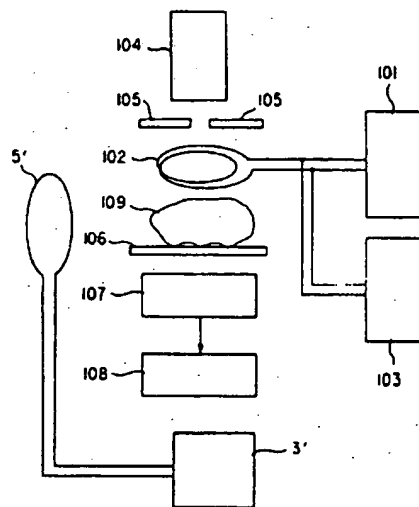


- |                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| 1-----被検査物      | 16-----電力増幅器        |
| 3-----静磁場電源     | 17-----照射コイル        |
| 5-----コントローラ    | 18-----“ブザー”        |
| 5'-----静磁場発生コイル | 19-----位相検波器        |
| 11-----爆発物      | 20-----高速 A/D コンバータ |
| 14-----基準発振器    | 21-----CRT          |
| 15-----パルスゲート   |                     |

第 3 図



第 4 図



- |                    |                |
|--------------------|----------------|
| 101---ラジオ波発生装置     | 107---X線検出用センプ |
| 102---ラジオ波照射制御用コイル | 108---X線検出用センプ |
| 103---ラジオ波吸収測定装置   | 109---被検査物     |
| 104---X線発生装置       | 3'---静磁場電源     |
| 105---X線透過用スリット    | 5'---静磁場発生コイル  |
| 106---被検査物移動用治具    |                |

第 5 図

**TITLE:** Method and apparatus for detecting specific substances

**CLAIMS**

1. A method, for detecting specific substances, comprising (1) an operation step to place the substance to be detected to a set position, (2) an operation step to detect the spin transition by irradiation of electromagnetic wave which energy is close to the spin transition energy of the nuclei in the substance, said spin transition occurring between the spin energy states caused by the electric coupling interaction between nuclei and the gradient of local crystalline electric field in the material, and (3) an operation step to detect the existence of the specific substances in the object to be inspected, said method having an operation step for judging the authenticity of NQR derivation of an observation signal.
2. The method of claim 1, wherein said step for judging the authenticity of NQR derivation of an observation signal further comprises (1) a sub-step to apply static magnetic field onto the object to be inspected during irradiation of said electromagnetic wave, and (2) a sub-step to compare the signals detected by a spin transition detector with and without applying the static magnetic field.
3. The method of claim 1, wherein said step for judging the authenticity of NQR derivation of an observation signal further comprises a sub-step to compare between the spin relaxation time characteristics of the specific substances and the spin relaxation time of the signal observed in the step of detecting the spin transition.
4. The method of either claim 1 or 3, wherein said method for detecting specific substances utilises the spin energy splitting caused by the electric coupling interaction between the nuclear quadrupole moment of the nuclei and gradient of the local electric field in the material.
5. The method of claim 4, wherein said method for detecting specific substances is capable of judging the existence of explosive materials in the object to be inspected, by tuning the frequency of the electromagnetic wave irradiated to the object, into at least one of the NQR frequencies in nitrogen 14 and chlorine 35 nuclei.
6. An apparatus for detecting specific substances comprising (1) a probe coil which irradiates electromagnetic wave onto the object to be inspected as well as detects electromagnetic wave, (2) an oscillator detector which is connected to the said probe coil to generate and detect electromagnetic wave, (3) a means to tune the irradiation frequency into the NQR frequency of atoms located in specific chemical structures in the object to be inspected, (4) a means to detect the change in the conductance of tuning circuit in the oscillator detector, and (5) a means to display the change in the conductance when tuned into the NQR frequency, said apparatus having a means to apply static magnetic field onto the object to be inspected.
7. A system comprising (1) an X-ray detection device which further comprises an X-ray generator, a means to irradiate X-rays onto the object to be inspected, an X-ray detector and a monitor to display the signal of the X-ray detector, (2) a radio-

wave absorption measurement device which further comprises a radio-wave generator, a radio-wave irradiation detection coil, and a means to measure the absorption of radio-wave by specific substances in the object to be inspected, and (3) capability of detecting specific substances in the object to be inspected by using the information of the absorption of X-rays and radio-wave, said system having a means to apply static magnetic field onto the object to be inspected.

8. The system of claim 7, wherein said radio-wave absorption measurement device measures the NQR signal in the specific substances in the object to be inspected.
9. The system of claim 8, wherein said device to measure NQR frequency of the specific substances measures at least one of the NQR frequencies in nitrogen 14 and chlorine 35 and 37 nuclei.

## **TECHNICAL FIELD**

[Industrial applications] This invention relates to the method and apparatus for detecting non-destructively specific substances from a mixture of many substances in the object to be inspected, and more particularly to the method and apparatus suitable for highly reliable detection of prohibited goods such as drugs and plastic bombs.

## **PRIOR ART**

X-ray inspection systems, which are conventionally used as inspection apparatus to find dangerous goods in the carry-in luggage on aircraft and transportation materials, can detect materials having a high X-ray absorption coefficient such as metallic swords and metallic small arms, as clear images on monitor screens, and are used for the prevention of aircraft hijack. This kind of prior art is disclosed, for example in the JP pat. No. S61-18447. On the other hand, there is an invention related to the method and apparatus for detecting prohibited materials by measuring NQR absorption of, for example, nitrogen 14 nuclei in the prohibited materials. One example of such a method and system is disclosed in JP pat. No. H01-160751. The method, however, is highly selective in terms of detection of specific substances, due to the fact that it relies on the NQR frequency characteristics of each material.

## **TECHNICAL PROBLEMS**

Within said conventional techniques, X-ray detection systems have difficulty in detecting arms and dangerous goods which do not have metallic components, and are not capable of detecting substances which have no particular forms or shapes such as plastic bombs and drugs, due to the fact that the X-ray detection systems rely on X-ray scattering phenomena.

On the other hand, the detection method which utilises NQR is independent of the forms and shapes of the substances, because NQR signal detected is characteristics of the specific substances. As such, the NQR method can detect substances which have no particular forms or shapes such as plastic bombs and drugs. However, the NQR method sometimes makes false detection due to the occurrence of false signals. One of the

reasons for the occurrence of false signals is because organic compound crystals often have piezo-electric properties, even when the crystal is not a component of prohibited substances. Due to the piezo electric effect, the electric vector component of irradiated electromagnetic wave induces mechanical vibration in the crystals, inducing oscillation of electric dipole moment which further emits electromagnetic wave out of the crystals. Since the frequency of the emitted electromagnetic wave coincides with the frequency of initial electromagnetic wave, the piezo electric effect can cause false NQR signal even when true NQR response is absent. Another reason for the occurrence of false signals is the fact that the NQR signal is significantly weak, normally in the range from sub micron to micron volt, and hence highly sensitive amplification with gain of 100 – 130 dB is required. This fact is problematic, because weak signals deriving from commercial broadcasting and other radio transmission can be amplified and mistakenly detected as NQR signals. Those false signals cause false judgment during inspection, reducing the efficiency of the inspection through-put.

One of the purposes of this invention is to provide a method and apparatus which enables non-destructive and highly reliable detection of specific substances which are mixed with other substances in the object to be inspected.

Another purpose of this invention is to provide a new NQR detection system with improved reliability, which enables detection of prohibited goods even when they are made from organic or inorganic matters in liquid, powder or soft clay (plastic) forms, so that safe, efficient and highly reliable operation to remove dangerous goods in the object to be inspected is carried out, and safe transport operation of airplanes and ships is guaranteed.

#### MEANS

Said first purpose can be achieved by adding a new step to judge the authenticity of NQR derivation of an observation signal, into the steps to detect the prohibited goods, by means of detection of NQR signal derived from the atoms in the prohibited goods.

Said second purpose can be achieved by introducing a new means to judge the authenticity of NQR derivation of an observation signal, to the system which comprises transmission-type X-ray inspection apparatus, a radio-wave generation device, a radio-wave transmitting/receiving coil and a radio-wave absorption measurement device, so that, by using information of both the shapes and substances of the prohibited goods, comprehensive inspection producing highly reliable results can be achieved.

One example of the method to discriminating and judging the authenticity of NQR derivation of the signal observed comprises a step to apply static magnetic field onto the object to be inspected and a step to compare the signals detected by a spin transition detector with and without applying the static magnetic field.

#### OPERATION

An NQR method utilises the detection of spin transition between spin energy states split by the electric coupling interaction between the gradient of the local electric field in the material and the spin of a nucleus which nuclear spin is larger than 1 and nuclear quadrupole moment is not zero. Assume the specific substance to be detected consists of a fine crystalline powder. (The prohibited goods to be detected by NQR methods, such as drugs and plastic bombs, are often fine crystalline powders.) When external magnetic field is not applied to the substance, the widths of the spin energy splitting are the same for all the fine crystallites, and thus, NQR signals can be observed as a sum of the signals from the entire sample. On the other hand, when external magnetic field is applied, the widths of the spin energy splitting are dependent on the angle between the directions of crystal axis and applied magnetic field. In other words, NQR absorption frequency varies from crystallite to crystallite under the external magnetic field. Also, since the orientational distribution of the crystal axis is thought to be uniform in the substance to be detected, the NQR signal is cancelled out as a sum of the signals from the entire sample. Moreover, applied static magnetic field does not affect the false signals created by the piezo effect and externally derived noises such as commercial broadcasting and other radio transmission. Therefore, when a NQR signal under no static magnetic field does not show any change after applying static magnetic field, the NQR signal observed can be judged as a false signal. As such, the method to apply static magnetic field under the condition of NQR spin transition is an efficient and accurate method to judge the authenticity of NQR derivation of the signal observed.

It is to be noted that, as the strength of static magnetic field to be applied in this method, the range from several Gauss to several tens Gauss is sufficient. This field intensity is too weak to cause damage onto magnetic cards, magnetic tapes, watches, etc., and hence will not cause any problems in actual application of this method onto luggage inspection apparatus.

The method to discriminate and judge the authenticity of NQR signals by applying static magnetic field has been thus described. There are other methods to discriminate and judge the authenticity of NQR signals, i.e., the methods utilising the nature of NQR response itself.

One of such methods can utilise the information about resonance frequency. For example, when a nitrogen 14 nucleus is in the gradient of local crystalline electric field, three NQR response signals, namely  $\nu_0$ ,  $\nu_-$ , and  $\nu_+$  in the ascending order in frequency, can be observed. When the NQR signals at the frequency of  $\nu_-$  and  $\nu_+$  are detected with applied static magnetic field of  $\nu_-$  and  $\nu_+$  in frequency, respectively, then these two NQR signals can be judged as not false signals derived from external noise sources. However, since the piezo effect can still induce false signals at these frequencies, it is not possible to judge these two signals as true. Therefore, the method utilising the information about resonance frequency in this manner is not usable.

Another method which utilizes the nature of NQR response itself is to use decay-recovery characteristics of NQR response signal. A pulse-NQR method, one of the methods to measure NQR response signals, is such a method that a pulse electromagnetic wave is

applied to the specimen and the signal induced by the pulse wave is detected. The induced signal detected with the pulse NQR method shows decay as a function of time with a time constant  $T_a$ . This time constant is characteristic of the specimen. Take NQR response of Nitrogen 14 nuclei, for example. The  $\nu_+$  absorption line of Hexogen (a major component of plastic bomb) has a  $T_a$  value of 830  $\mu\text{sec}$ . The  $\nu_+$  absorption line of hexamethylenetetramine has a  $T_a$  value of 420  $\mu\text{sec}$ . As such, NQR response of Nitrogen 14 nuclei shows different  $T_a$  values specific to substances. On the other hand, the level of external noises such as commercial broadcasting, wireless communication between vessels and personal long distance wireless communications is almost constant over the time period of the measurement of pulse NQR response, and hence does not have such an decay-characteristic-time-constant as for the NQR response time constant of aforementioned hexogen and hexamethylenetetramine, which helps distinguish these external noises from true NQR signals. Also, the piezo effect has an decay constant characteristics of the electric circuit system represented by the step response time constant of detector circuits, and hence is easily distinguished from the true NQR signals.

Thus, as the methods of judging the authenticity of NQR signals, a method of applying external static magnetic field and a method of comparing decay time constants of NQR response have been explained. By using these methods as one of the steps to detect specific substances, detection mistakes caused by false signals can be easily prevented, and high reliability and efficiency of inspection can be achieved.

## EXAMPLES

### [Example 1]

Example 1 of this invention is explained using the Drawing 1. Example 1 is for general cases to detect specific substances using this invention.

In Drawing 1, the detection system comprises a controller 5 which controls the overall function, a setting device 4 which sets the frequency and sweeping sequence of electromagnetic wave irradiated onto the object to be inspected in accordance with the controller 5, an electromagnetic wave irradiation device 3 which generates and irradiates electromagnetic wave in accordance with the frequency and sweeping sequence set by the setting device 4, and a spin transition detector 2 which detects the spin transition in the object to be inspected 1, caused by NQR resonance induced by electromagnetic wave irradiated by the electromagnetic wave irradiation device 3.

The spin transition detector 2 and electromagnetic wave irradiation device 3 can be equipped with a transmission coil and a reception coil, respectively. Or, the electromagnetic wave irradiation device 3 can have a coil which does both transmission and reception of signals.

The electromagnetic wave irradiation device 3 irradiates electromagnetic wave having an energy corresponding to the spin transition energy of the specific substances to be detected in the object to be inspected 1. The setting device 4 sets the frequency and

sweeping sequence of electromagnetic wave to be irradiated. The electromagnetic wave irradiation device 3 is capable of irradiating electromagnetic wave having a frequency range from several kHz to several hundreds GHz.

In order to detect substances having nitrogen 14 nuclei in the object to be inspected, for example, the controller 5 first instructs the setting device 4 to carry out the frequency sweep of the electromagnetic wave in a radio-wave region (from about 300kHz to 8MHz) which frequency corresponds to the spin transition energy of nitrogen 14 nuclei. Next, the electromagnetic wave irradiation device 3 irradiates the electromagnetic wave onto the object to be inspected. Finally, the spin transition detector 2 detects the spin transition of nitrogen 14 nuclei, and hence the explosives in the object to be inspected 1 is detected. The results of the detection is displayed on the display 2'.

The intensity of the detected signal at this time is denoted by  $S_0$ . The detection of spin transition is repeated subsequently, with a DC magnetic field applied on the object to be inspected 1, by supplying a DC current to a static magnetic field generator coil 5' by a static magnetic field power supply 3', and the intensity of the detected signal at this time is denoted by  $S_1$ . The signal intensities  $S_0$  and  $S_1$  are then compared with each other by the controller 5. If  $S_1$  shows meaningful change from  $S_0$ , it is judged that the signal detected without static magnetic field is in fact the true signal derived from spin transition of the nitrogen 14 nuclei. In this manner, prevention of detection mistakes caused by false signals derived from the piezo effects or external noises can be achieved, which leads to shortened inspection time and high through-put rate of the inspection operation.

#### [Example 2]

Next, the second example of this invention is explained in detail using Diagram 2. In this example, the case for detecting explosives in the object to be inspected is explained.

In Diagram 2, a probe coil 6 is connected to a radio-wave transmitting/receiving device 7. The frequency of radio wave transmitted out of the probe coil 6 can be set to a desired value by changing the capacitance of the condenser by a frequency controller 8. The oscillation power detected by the radio-wave transmitting/receiving device 7 is amplified by an amplifier 9, and is shown on the signal display device 10. The frequency set by the frequency controller 8 is coincided with, for example, the NQR frequency of nitrogen 14 nuclei in the chemical structure specific to explosive materials. When the probe coil is moved around the object to be inspected 1 and the probe coil comes in the vicinity of the explosive substance 11 in the object to be inspected 1, then, the conductance of the tuning circuit, which is in the radio-wave transmitting/receiving device 7 including the probe coil, changes according to the real part (i.e. absorption component) of the magnetic susceptibility of nitrogen 14 nuclei in the explosive material 11. This change in conductance further changes the irradiation power of the radio-wave transmitting/receiving device 7, which is amplified by the amplifier 9, and is shown on the signal display device 10. The explosives 11 in the object to be inspected 1 can be thus detected.

The above explanation is for the case where explosive 11 is actually contained in the object to be inspected 1. When some organic or inorganic materials which show the piezo effect are contained, instead of explosives 11, in the object to be inspected 1, then the radio-wave transmitting/receiving device 7 detects the false electromagnetic wave induced by the piezo effect, and the signal display device 10 shows the change of oscillation powder as if there was explosives in the object to be inspected, resulting in occurrence of false detection. In order to avoid this scenario, in this example, when the signal display device 10 shows meaningful change of oscillation powder, the aforementioned detection of spin transition is repeated with a DC magnetic field applied on the object to be inspected 1, by supplying a DC current to a static magnetic field generator coil 5' by a static magnetic field power supply 3'. As a result, if the oscillation power shown on the display 10 does not show any change by the applied static magnetic field, then the signal on the display 10 is judged as a false signal derived from the piezo effect or external noises such as commercial broadcasting and other radio transmission. This method enables faster inspection by cutting the time wasted on opening the luggage to be inspected, and, more importantly, enables more reliable non-destructive inspection. This method is particularly useful when the radio-wave transmitting/receiving device 7 is composed of highly sensitive detection devices such as a super regenerative detector which can readily pick up external noise signals.

#### [Example 3]

Example 3 uses a system where the probe coil is further connected with a pulse radio generator and a fast detector which can follow the fast phenomena in radio frequency ranges, as shown in Diagram 3.

In Diagram 3, a base oscillator 14 generates a radio wave having a frequency characteristic of specific substances. The radio wave is modulated into a single RF pulse or a train of many RF pulses which are controlled in terms of phase and time in a conventional manner. These control sequences are pre-set in the controller 5. The RF pulse or a train of RF pulses are amplified by the power amplifier 16 to the power level which is sufficient to induce spin transitions in the explosives 11 in the object to be inspected 1, and then efficiently irradiated onto the object 1. A NQR signal, which is detected by a probe coil, is amplified by a pre-amplifier 18, and is phase-detected by a phase-detector 19 using the signal from the base oscillator 14. The phase-detected signal is further modulated into a digital signal by a fast A/D converter 20 and is inputted into the controller 5. The result is displayed on the CRT 21. In the system, there is a static magnetic field generation coil 5' for discriminating false signals, and a static magnetic field power supply 3' as a power source of the coil 5'. The on/off of the power supply 3' is controlled by the controller 5.

When the pulse irradiated onto the object 1 is a single RF pulse, the explosives 11 can be detected by measuring the free induction decay which is derived from nitrogen 14 nuclei after cutting off the RF pulse. However, the signal of the free induction decay derived from nitrogen 14 nuclei is very weak, typically from several  $\mu\text{V}$  to several tens  $\mu\text{V}$ , and the life time is as short as several  $\mu\text{sec}$  to several tens  $\mu\text{sec}$ . For this reason, the detection

systems such as the pre-amplifier 18 and the phase-detector 19 need to have a very short dead time and low noise.

On the other hand, when the pulse irradiated onto the object is a train of pulses, the dead time in the detection system can be slightly longer. For example, when a  $90^\circ$  pulse (the pulse which rotates the nuclear spin by 90 degrees) and a  $180^\circ$  pulse are irradiated in that sequence with a time interval of  $\tau$  sec, a spin echo occurs after  $2\tau$  sec and the free induction decay signal is induced recursively. Therefore, if the free induction decay signal after the irradiation of the second pulse is measured, the detection sensitivity is retained even if the dead time of the detection system is about  $\tau$  sec.

In this example, two pulses having a sequence of ( $90^\circ$ - $\tau$ - $180^\circ$ ) are used. Other pulse sequences which are known conventionally can also be used to detect NQR signals from nitrogen 14 nuclei in the explosives 11. The merit of using pulse radio wave is that high intensity radio wave, i.e., radio wave having a large amplitude, can be irradiated on to the object 1. This high intensity of the pulse enables detection of the explosives with high sensitivity, even when they are buried deep in the object 1, far away from the probe coil 17.

Drawing 4(a) shows the free induction decay of the NQR signal of nitrogen 14 nuclei in 200g of Hexogen (used to represent an explosive material), measured after irradiation of a  $90^\circ$  pulse without applying static magnetic field. The observed frequency is approximately 5 MHz which corresponds to the  $\nu_+$  line. Drawing 4(b) shows the free induction decay signal of nitrogen 14 nuclei in Hexogen, measured after irradiation of a  $90^\circ$  pulse with applying 5 Gauss of static magnetic field onto Hexogen by the static magnetic field generation coil 5. It is evident in Drawing 4(b) that the signal intensity drastically decreased with applying static magnetic field, and that the static magnetic field of only 5 Gauss was sufficient to have a large effect on the NQR signal. In contrast, when the same measurement was performed onto a fine crystalline powder of sodium salt of glutamine acid, which shows the piezo effect without applying static magnetic field, the signal appeared similar to the free induction decay signal 160 in Drawing 4(a). However, this signal did not change the intensity and profile when static magnetic field was applied, though the change from Drawings 4(a) to 4(b) is expected for true NQR signals. Therefore, this signal can be judged as a false one. Therefore, the method to apply static magnetic field onto the object to be inspected 1 is a simple but reliable method to judge the authenticity of NQR derivation of an observation signal.

#### [Example 4]

Example 4 explains the system which comprises a combination of a NQR device and an X-ray inspection device to detect dangerous materials. Drawing 5 shows a configuration of such a system.

As shown in Drawing 5, the detection system comprises an X-ray transmission type inspection device further consisting of an X-ray generator 104, X-ray transmission slits 105, a device to convey the object to be inspected 106, an X-ray sensor 107 and an X-ray

detection monitor 108, equipped with a radio-wave generator 101, a radio-wave transmitting/receiving coil 102, a radio-wave absorption measurement device 103, a static magnetic field power source 3' and a static magnetic field generator coil 5'.

Metallic dangerous materials in the object to be inspected 109, such as metallic fire arms and explosives sealed in metal pipes, can be easily detected because of their shapes appeared on the X-ray detection monitor 108, due to the fact that their X-ray scattering intensity is very high. However, if the explosives are made of organic or inorganic materials having a low X-ray scattering intensity in liquid, powder or plastic forms, the explosives are not readily detectable as a clear image on the X-ray detection monitor 108 by using the aforementioned X-ray transmission type inspection system. Instead, detection of the absorption of radio-wave at frequencies characteristic of the dangerous materials can be performed by using the radio-wave generator 101, the radio-wave transmitting/receiving coil 102 and the radio-wave absorption measurement device 103. For example, as the first step, a radio wave, which has a frequency characteristic of plastic bombs made of Hexogen as a major ingredient, is generated by the radio-wave generator 101, and the absorption intensity of the radio wave irradiated onto the object 109 is measured by the radio-wave transmitting/receiving coil 102. If there is no absorption detected by the radio-wave absorption measurement device 103, then it can be judged that the object 109 does not contain Hexogen. If some absorption is observed, the absorption intensity  $S_0$  when static magnetic field is not applied, and the absorption intensity  $S_1$  when static magnetic field is applied onto the object 109 by the static magnetic field power source 3' and the static magnetic field generator coil 5', are compared. If  $S_1$  shows meaningful decrease from  $S_0$ , then it is judged that the object 109 contains Hexogen. On the other hand, if  $S_1$  does not show change from  $S_1$ , then the signal observed is judged as a false signal derived from external noises etc., and the tedious procedure to open the object 109 for inspection can be omitted. Hence, the inspection can easily become more reliable and efficient.

As explained above, by using the method shown in this example, comprehensive detection of dangerous materials can be made by using not only the shape but the physical properties and chemical compositions of the materials. As such, explosive materials, which are made of organic or inorganic compounds having a low X-ray scattering intensity in liquid, powder or plastic forms and hence can not be easily detected by conventional X-ray transmission type inspection devices, can be detected without fail.

#### [Effect of invention]

According to this invention, for the detection of specific substances in the object to be inspected using a NQR device or a combination of a NQR device and an X-ray transmission-type inspection device, a new step is introduced to judge the authenticity of NQR derivation of the signal that is measured in a step to detect a spin transition, so that the inspection can be significantly more reliable, which enables faster inspection by cutting the time wasted on opening the luggage to be inspected, leading to significant improvement of the through-put rate of the inspection.

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

Drawings 1 – 3 show the configuration of the systems used to explain the examples 1 – 3.

Drawing 4 shows the NQR signal for nitrogen 14 nuclei in Hexogen observed using the detection system in example 3.

Drawings 5 shows the configuration of the systems used to explain the examples 5

### Drawing 1

- 1 ..... Object to be inspected
- 2 ..... Spin transition detector
- 2' .... Display device
- 3 ..... Electromagnetic wave irradiation device
- 3' ... Static magnetic field power supply
- 4 .... Setting device
- 5 ..... Controller
- 5' .... Static magnetic field generation coil

### Drawing 2

- 1 ..... Object to be inspected
- 3' .... Static magnetic field power supply
- 5' .... Static magnetic field generation coil
- 6 ..... Probe coil
- 7 ..... Radio-wave transmitting/receiving device
- 8 ..... Frequency controller
- 9 ..... Amplifier
- 10 .... Signal display device
- 11 ... Explosives

### Drawing 3

- 1 ..... Object to be inspected
- 3' .... Static magnetic field power supply
- 5 ..... Controller
- 5' .... Static magnetic field generation coil
- 11 .... Explosives
- 14.... Base oscillator
- 15.... Pulse gate
- 16.... Power amplifier
- 17.... Irradiation coil
- 18.... Pre-amplifier
- 19.... Phase detector
- 20.... Fast A/D converter
- 21.... CRT

### Drawing 4

X-axis ..... Time

Y-axis ..... Signal intensity (arb. units)  
160 & 160' .... Free inductive decay signal

**Drawing 5**

- 101 ..... Radio-wave generator
- 102 ..... Radio-wave transmitting / receiving device
- 103 ..... Radio-wave absorption measurement device
- 104 ..... X-ray generator
- 105 ..... X-ray transmission slits
- 106 ..... Device to convey the object to be inspected
- 107 ..... X-ray sensor
- 108 ..... X-ray detection monitor
- 3' ..... Static magnetic field power supply
- 5' ..... Static magnetic field generation coil